



## „Schwachgas auf Deponien und deren Konflikt mit einer Bebauung“

Präsentiert von Wolfgang H. Stachowitz am 17.IX.2014 für die Stadt Norderstedt  
Amt für Stadtentwicklung, Umwelt und Verkehr

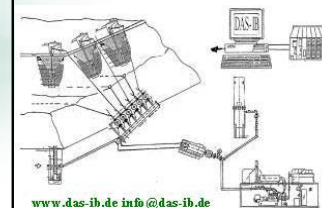


### **DAS – IB GmbH** **LFG - & Biogas - Technology**

Biogas-, Klärgas- und Deponiegastechnologie:

- Beratung, Planung, Projektierung
- Schulung von Betreiberpersonal
- Sachverständigentätigkeit (u.a. § 29a nach BImSchG und Befähigte Person iSd BetrSichV und TRBS 1203)

Technischer Sitz /  
Postanschrift:  
Preetzer Str. 207  
D 24147 Kiel  
Kaufmännischer Sitz /  
Rechnungsanschrift:  
Flintbeker Str. 55  
D 24113 Kiel



[www.das-ib.de](http://www.das-ib.de) [info@das-ib.de](mailto:info@das-ib.de)

Tel.: # 49 / 431 / 68 38 14 / 53 44 33 - 6 oder 8  
Fax.: # 49 / 431 / 200 41 37 / 53 44 33 -7



## **Beratungsinhalte:**

1. Wie verhält sich das Deponiegas: physikalische – chemische Eigenschaften, Bestandteile?
2. Wie lange ist das Deponiegas anwesend, wie setzt sich organische Substanz um (Zeithorizont)?
3. Welche Gefahren gehen von dem Deponiegas aus?
4. Wie breitet sich das Deponiegas aus, wie ändert sich das mit zunehmender Bebauung?
5. Wie untersucht man das Schwachgas auf den Deponien?
6. Welche Sicherungsmaßnahmen gegen die Ausbreitung sind im Gelände möglich und wie muß eine Gasableitung oder Gassperre aussehen?
7. Welche Maßnahmen gegen Gaseintritt sind am Gebäude möglich, welche Besonderheiten sind bei schlechten Bodenverhältnissen (Bau auf der Deponie) zu beachten?
8. Welche Wartung brauchen Sicherungseinrichtungen?
9. Welche Monitormaßnahmen sind sinnvoll? Wie gestaltet man ein Monitorprogramm?
10. Wie sieht der Arbeitsschutz bei Arbeiten bei der Anwesenheit von Deponiegas aus?

Diese Präsentation darf nicht vervielfältigt werden. Veröffentlichungen und weitere Vervielfältigungen bedürfen der schriftlichen Form durch die Verfasserin. Der Schutzvermerk nach DIN ISO 16016 (Dezember 2007) ist zu beachten. Alle Bilder DAS – IB GmbH



## 1. Wie verhält sich das Deponiegas: physikalisch – chemische Eigenschaften, Bestandteile?

Stoff	Summenformel	Wertebereich (mg/m³)	Übliche Konzentration (mg/m³)	MAK-Werte alt NEU: TRGS 900 (mg/m³)
<b>Kohlenwasserstoffe (KW)</b>				
Alkane		Einzelwerte von: 0 bis 400 Summe:18 - 824	0 - 7,4	Von k.A bis :2.950
Alkene		Einzelwerte von 0,04 bis 350 Summe 18 - 412	2 - 45	K.A.
Cycloalkane		Einzelwerte von 0,03 bis 11 Summe 2 - 17	0 - 7,4	von: 1.015 bis: 1.050
Benzol	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	0,03 - 7	0,9 - 1,9	TRK: 1 / 2,5 ppm
Ethylbenzol	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	0,5 - 236		440
1,3,5 Methylbenzol	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub>	10 - 25		K.A.
Toluol	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	0,2 - 615	0,6 - 23	380
Xylol	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	0,2 - 383	<1 - 7,4	440
<b>Schwefelverbindungen</b>				
Mercaptane	C <sub>n</sub> H <sub>m</sub> S	-	4 - 45	1,5
Schwefelwasserstoff	H <sub>2</sub> S	-	5 - > 120	15 = 10 ppm
<b>Halogenierte KW</b>				
Trichlorfluormethan	CCl <sub>3</sub> F	1 - 84	nn - 4,7	5.600
Dichlordifluormethan	CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	4 - 119	4,4 - 16,9	5.000
Chlortrifluormethan	CClF <sub>3</sub>	0 - 10	< 0,5	4.330
Dichlormethan	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	0 - 6	nn - <0,5	360
Trichlormethan	CHCl <sub>3</sub>	0 - 2	nn - <0,5	50
Tetrachlormethan	CCL <sub>4</sub>	0 - 0,6	nn	65
Chlorethen	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> Cl	0 - 264	0,3 - 14,3	K.A.
Dichlorethen	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	0 - 294	0,4 - 42,2	1,2 Dichlet.: 790
Trichlorethen	C <sub>2</sub> HCl <sub>3</sub>	0 - 182	0,1 - 7,6	270
Tetrachlorethen	C <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub>	0,1 - 142	0,1 - 7,5	345



## 1. Wie verhält sich das Deponiegas: physikalisch – chemische Eigenschaften, Bestandteile?

	Quelle	Emissionspfad	Einwirkungsort	Wirkung	Maßnahmen
1	Originäres Deponiegas	Deponie, Boden, Undichtigkeiten	Schächte, Keller	Erstickung	Be- und Entlüftung, Raumluftmessung
2	Luftverdünntes Deponiegas	wie 1.	Schächte, Keller, geschl. Räume + Umgebung	Explosionsgefahr	Be- und Entlüftung, Raumluftüberwachung
		-	Inneres der Entgasungseinricht.	Explosionsgefahr	Aktiver u. passiver Ex-Schutz
3	Gasmigration	Boden	Abdeckboden, umgebender Boden	Pflanzenschäden (Verdrängung von Luftsauerstoff)	Aktive Entgasung ggf. in Verbindung mit (oberer) Abdichtung
4 a	Spurengase: H <sub>2</sub> S, CO, FCKW	wie 1. + 5.	wie 1. - 3.	Toxizität i. d. R. überlagert durch 1.	wie 1. - 3.
4 b	Kohlendioxid	wie 1. + 5.	wie 1. - 3.	Toxizität, AGW 5 ‰	wie 1. - 3.
5	Geruch des Gases	Ausbreitung in der Luft	Deponieumgebung	Geruchsbelästigung	Aktive Entgasung, obere Abdichtung



## 1. Wie verhält sich das Deponiegas: physikalisch – chemische Eigenschaften, Bestandteile?

### Kennzahlen zum Personenschutz

		AGW		Dichte Luft=1	Zünd- temperatur °C	Flamm- punkt °C	Explosions- grenzen in Vol.-%	
		ppm	mg/m <sup>3</sup>				UEG	OEG
<i>Ammoniak</i>	NH <sub>3</sub>	20	14	0,6	630	-	15,4	33,6
<b>Kohlendioxid</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>5000</b>	<b>9100</b>	<b>1,53</b>	-	-	-	-
<i>Kohlenmonoxid</i>	CO	30	35	0,97	605	-191	10,9	75,6
<b>Methan</b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	-	-	<b>0,55</b>	<b>537</b>	-	<b>4,4 / 5</b>	<b>15 /16,5</b>
<b>Sauerstoff</b>	<b>O<sub>2</sub></b>	-	-	<b>1,1</b>	-	-	-	-
<b>Schwefelwasserstoff</b>	<b>H<sub>2</sub>S</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>1,19</b>	<b>270</b>	-	<b>4,3</b>	<b>45,5</b>
Wasserstoff	H <sub>2</sub>	-	-	0,07	500	-	4	77

**AGW** – Arbeitsplatzgrenzwert (TRGS 900)

**UEG** – untere Explosionsgrenze

**OEG** – obere Explosionsgrenze

**ppm** – parts per million (Teilchen pro Million)

**1 Vol.-% = 10.000 ppm**



## 1. Wie verhält sich das Deponiegas: physikalisch – chemische Eigenschaften, Bestandteile?

**Die Methangärung, die auch die Grundlage für die Entstehung von Biogasen (z.B.: Deponiegas) darstellt, ist ein wichtiges Glied im Stoffkreislauf der Natur. Sie ist die letzte Stufe einer Kette von Gärungen, die die Umwandlung komplexer, hochmolekularer organischer Substanz in gasförmige Endprodukte, wie **Methan** und **Kohlendioxid** zum Ergebnis hat.**

Mit nur wenigen Ausnahmen können alle organischen Naturstoffe diesem anaeroben Umsetzungsprozess (**unter Ausschluß von Sauerstoff**) unterworfen werden. An diesem Vorgang ist eine große Anzahl, von in komplexer Abhängigkeit stehender Mikroorganismen (Bakterien) beteiligt. Natürliche Standorte solcher Mischpopulationen sind in der Natur z.B.: Sümpfe, Reisfelder, Moore, Schlammschichten in Seen, Flüssen und Meeren, Güllegruben, der Pansen von Wiederkäuern (z.B.: Kühen), etc. Jährlich werden auf diese Weise ca. 300 bis 400 Mio Mg Methan gebildet. Nach einer Abschätzung des IPCC (International Panel on Climate Change) entfallen davon auf Deponien etwa 10 %, was einem Energiepotenzial nur für Deponien von rd. 500 Mio. GWh/a entspricht.

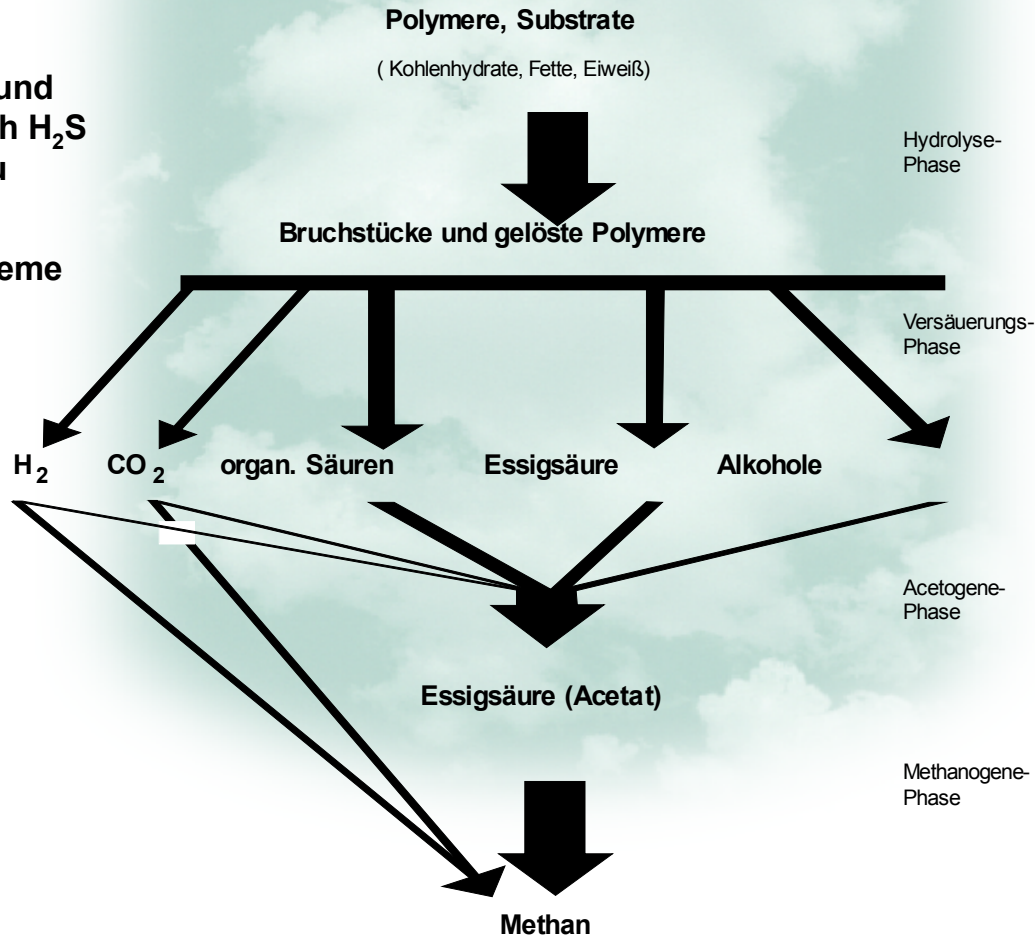
(Dichte von Methan  $\rho=0,7143 \text{ kg/m}^3$ ; Heizwert von Methan  $H_u= 10 \text{ kWh/m}^3$ ).



## 1. Wie verhält sich das Deponiegas: physikalisch – chemische Eigenschaften, Bestandteile?

**Schädigen Beton und Stahl !! Auch durch  $H_2S$  oxydiert an Luft zu Schwefelsäure**

**+ Kondensatprobleme**





## **1. Wie verhält sich das Deponiegas: physikalisch – chemische Eigenschaften, Bestandteile?**

**Die Deponiegaszusammensetzung ändert sich im Laufe der Zeit.** Kurz nach der Ablagerung herrschen oberflächennah aerobe Bedingungen vor. Später etablieren sich dann die einzelnen Abbauschritte nacheinander, bis in der vierten Zeit-Phase alle Stufen im Gleichgewicht sind (Stabile Methangärung in der Deponie).

Das **Deponiegas** besteht dann aus **45 bis 60 Vol % Methan** sowie **40 bis 55 Vol % Kohlendioxid**. Im Zeitraum von Jahrzehnten kommen weitere Phasen hinzu.





## 1. Wie verhält sich das Deponiegas: physikalisch – chemische Eigenschaften, Bestandteile?

Neben den beiden Hauptkomponenten **Methan** und **Kohlendioxid** enthält Deponiegas eine große Anzahl von Spurenstoffen, die entweder selbst durch biologische Umsetzungsprozesse entstanden sind oder aber im Deponiekörper abgelagert wurden und auf Grund ihres Dampfdruckes zum Übergang in die Gasphase tendieren.

O<sub>2</sub>, FCKWs, Cl, F, Si, S, H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, .....



## 1. Wie verhält sich das Deponiegas: physikalisch – chemische Eigenschaften, Bestandteile?

**Methan** ( $\text{CH}_4$ ) ist ein geruchloses, ungiftiges, farbloses, energiereiches Gas, das leichter als Luft ist. In Konzentrationen zwischen (4,4) / 5 – 15 (17) % in der Luft bildet es ein explosionsfähiges Gemisch. Dichte ca. 0,7 kg / Nm<sup>3</sup>.

**Kohlendioxid** ( $\text{CO}_2$ ) ist ein geruchloses, farbloses, nicht brennbares Gas. Es ist etwa 1,5 mal schwerer als trockene Luft. Eine  $\text{CO}_2$ -Konzentration von 8-10% in Luft löst beim Menschen Kopfschmerzen, Schwindelgefühl, Bewusstlosigkeit, Atemlähmung bis hin zum Tod aus. Durch seine größere Dichte als Luft sammelt es sich bevorzugt in Bodennähe, insbesondere in Gräben und Gruben. Dichte ca. 2 kg / Nm<sup>3</sup>.

<http://www.mittelbayerische.de/region/kelheim/artikel/arbeiter-erleiden-methangasvergiftung/1000144/arbeiter-erleiden-methangasvergiftung.html>

## Arbeiter erleiden Methangasvergiftung

Großeinsatz der Feuerwehr im Landkreis Kelheim: Methangas aus einer Biogasanlage macht Arbeiter ohnmächtig. Auch Helfer werden leicht verletzt.



XII 2013



## 1. Wie verhält sich das Deponiegas: physikalisch – chemische Eigenschaften, Bestandteile?

## 3. Welche Gefahren gehen von dem Deponiegas aus?

### **Schwefelwasserstoff (H<sub>2</sub>S): Personenschutz**

MAK 10ppm AGW 5 ppm = 7 mg/m<sup>3</sup> = 1 / 2000 Vol % und Ex bei > 4,3 Vol % bis 45,5 Vol %

Experten haben mit der Suche nach der Ursache für das schwere Unglück in einer **Biogasanlage in Rhadereistedt bei Zeven (Kreis Rotenburg)** begonnen. Die Gutachter sollen die Anlage wie auch die chemische Zusammensetzung der dort verarbeiteten Stoffe untersuchen, sagte ein Polizeisprecher. Bei dem Unfall am 8. November 2005 kamen **vier Menschen durch Einatmen von hochkonzentriertem Schwefelwasserstoff ums Leben.**

Nur mit schweren Atemschutzgerät konnten die Helfer das Gelände betreten. Foto: zz





## 1. Wie verhält sich das Deponiegas: physikalisch – chemische Eigenschaften, Bestandteile?

## 3. Welche Gefahren gehen von dem Deponiegas aus?

### **Schwefelwasserstoff (H<sub>2</sub>S): Personenschutz**

MAK <sub>10ppm</sub> AGW 5 ppm = 7 mg/m<sup>3</sup> = 1 / 2000 Vol % und Ex bei > 4,3 Vol % bis 45,5 Vol %

Folgende Symptomatik beim Menschen wurde unterschiedlich hohen Konzentrationen (in ppm) bereits nach relativ kurzer Expositionsdauer zugeordnet:

0,003-0,02 - Geruchliche Wahrnehmbarkeit

3 - 10 - deutlich unangenehmer Geruch

20 - 30 - starker Geruch nach faulen Eiern

30 - widerlich süßlicher Gestank

50 - Augenbrennen und Konjunktivitis Bindehautentzündung

50 - 100 - Reizungen des Atemtraktes

100 - 200 - Verlust des Geruchssinns

250 - 500 - Toxisches Lungenödem, Zyanose, Bluthusten, Lungenentzündung

500 - Kopfschmerzen, unkoordinierte Bewegungen, Schwindelgefühl, Stimulation der Atmung, Gedächtnisschwäche, Bewußtlosigkeit ("knock-down")

500 - 1000 - Atemstillstand, sofortiger Kollaps, schwerste Nervenschädigungen, arrhythmische Herzrhythmen, Tod.



### 1. Wie verhält sich das Deponiegas: physikalisch – chemische Eigenschaften, Bestandteile?

### 3. Welche Gefahren gehen von dem Deponiegas aus?

**Personenschutz:** (siehe auch Vortrag: Grundlagen der Bio- & Klär - &Deponiegastechnik)

**Sauerstoff (O<sub>2</sub>):** < 17 Vol % Sauerstoffmangel, darunter erst Verminderung der Leistungsfähigkeit bis Bewusstlosigkeit und Tod bei ca. 6 – 8 Vol % deshalb > 20 Vol %, - Dichte ca. 1,24 kg / m<sup>3</sup>

**Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>):** AGW 5000ppm = 9.100 mg/m<sup>3</sup> = 0,5 Vol %) geruchlos; ab 1 Vol % erste Beeinträchtigungen und Schädigungen – Dichte ca. 2 kg / m<sup>3</sup>

**Methan (CH<sub>4</sub>):** 100 % UEG, Ex = 4,4 Vol %; Grenzwert: 20 % UEG = 0,9 Vol % - Dichte ca. 0.7 kg / m<sup>3</sup>

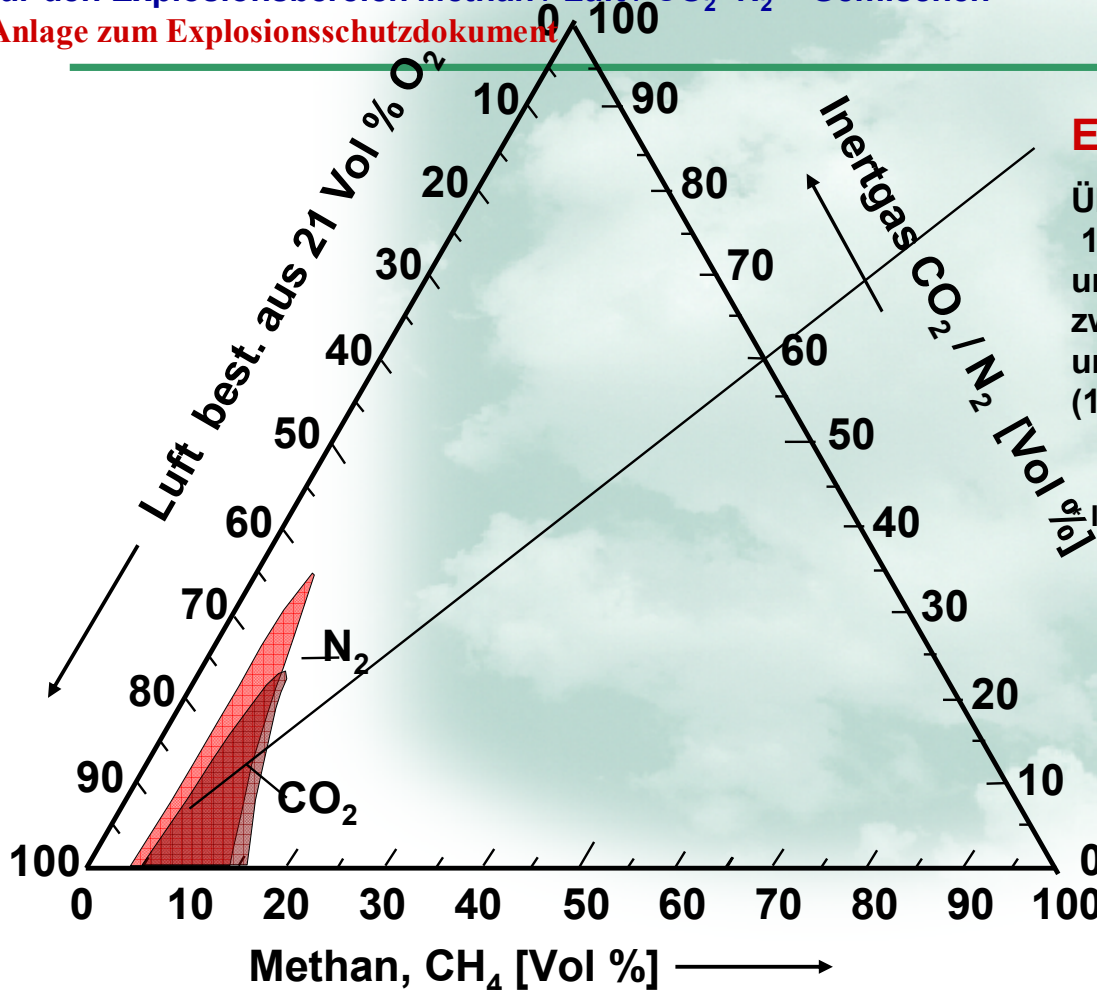
**Schwefelwasserstoff (H<sub>2</sub>S):** alt: MAK 10ppm = 14 mg/m<sup>3</sup> = 1 / 1000 Vol % und Ex bei > 4,3 Vol % bis 45,5 Vol % **neu AGW max. Arbeitsplatzkonzentration 5 ppm**  
Dichte 1,5359 kg / m<sup>3</sup> (0 °C, 1013 hPa)

Siehe: TRGS 900 wg. „alten“ MAK – Werten und heute AGW – Werte)

weitere: **ab IX 2011** <http://gestis.itrust.de>



**Dreistoffdiagramm, atmosphärisch (0,8 – 1,1 bar<sub>a</sub> / - 20 – + 60 °C)**  
**für den Explosionsbereich Methan / Luft / CO<sub>2</sub>- N<sub>2</sub> – Gemischen**  
**Anlage zum Explosionsschutzdokument**



**Explosionsbereich:**

Überschreitung von  
11,6 Vol % Sauerstoff  
und  
zw. 4,4\* (5)\*\*Vol % Methan (100 % UEG)  
und  
(15) 17 Vol % Methan (100 % OEG)

IEC 60079-20 und PTB \*\* EN 50054

**Fazit**

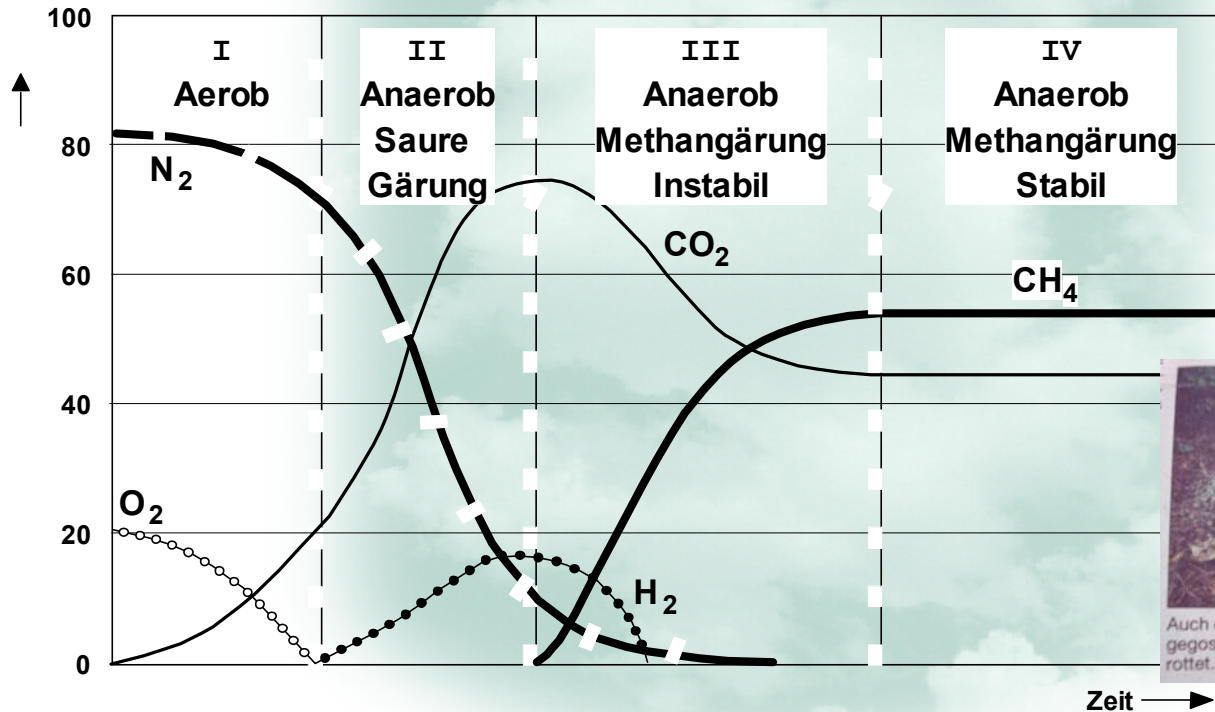
....die Zeiten solcher „Gaswarneinrichtungen“ sind vorüber....

OK, bei 3 kippen wir um,  
und dann schauen wir  
mal,  
wie schnell er rennen  
kann ...!





## 2. Wie lange ist das Deponiegas anwesend, wie setzt sich organische Substanz um (Zeithorizont)?

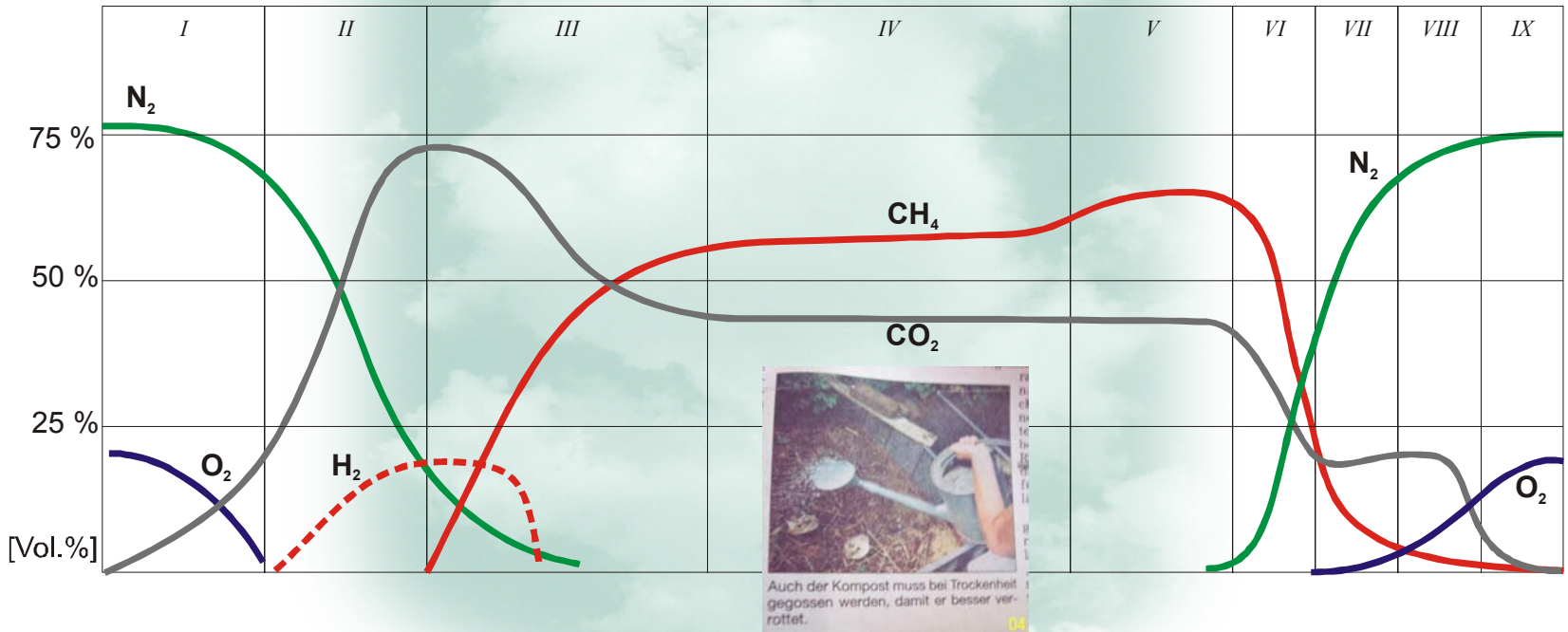


Verlauf der Deponiegaszusammensetzung in Abhängigkeit von der Zeit (Farquhar/Rovers 1973)





## 2. Wie lange ist das Deponiegas anwesend, wie setzt sich organische Substanz um (Zeithorizont)?



Verlauf der Deponiegaszusammensetzung in Abhängigkeit von der Zeit (Farquhar/Rovers 1973) mit Langzeitmodell Franzius 1981 sowie Rettenberger & Mezger 1992



## 2. Wie lange ist das Deponiegas anwesend, wie setzt sich organische Substanz um (Zeithorizont)?

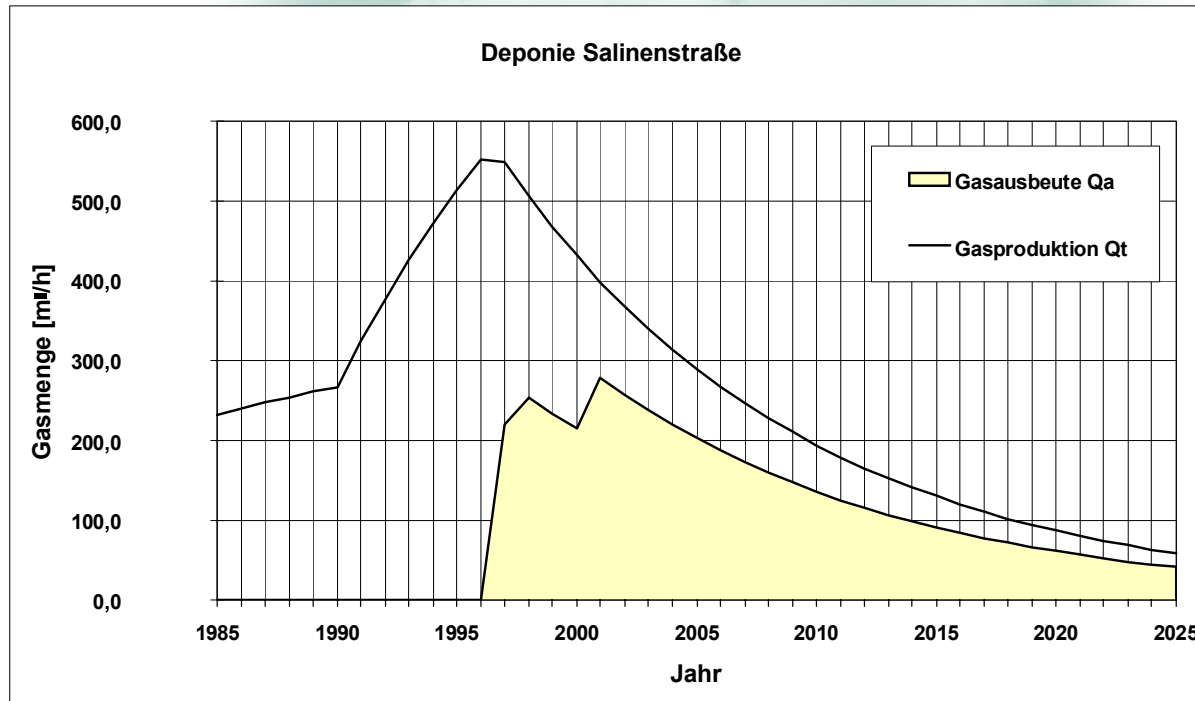
Als Gaspotenzial wird jene Gasmenge definiert, die aus einer Gewichtseinheit Abfall unter optimalen Bedingungen in der Deponie entsteht. Die theoretische spezifische Gasproduktion  $G_e$  als Volumenangabe pro Megagramm Abfall ( $m^3/Mg$ ) kann aus dem Kohlenstoffgehalt des Substrates Abfall errechnet werden. Nach dem Gesetz der idealen Gase werden bei der biochemischen Umsetzung von 1 kg Kohlenstoff (TC)  $1,868 m^3$  Gas gebildet, unabhängig von den dabei entstehenden Anteilen an Kohlendioxid ( $CO_2$ ) und Methan ( $CH_4$ ). Wir bestimmen das Gaspotenzial nach dem eigenen, an der Uni Hannover (Dr. Weber) entwickelten Modellansatz mit folgender Formel:

$$Q_{a,t} \left( \frac{m^3}{a} \right) = 1,868 \cdot M \cdot TC \cdot f_{ao} \cdot f_a \cdot f_o \cdot f_s \cdot k \cdot e^{-k \cdot t}$$

Es ist ersichtlich, dass das Ergebnis dieses Gasprognosemodells stark abhängig davon ist, welche Parameter gewählt werden. Vor allem muss auch die Angabe des Deponiebetreibers zu den Abfallmengen  $M$  stimmen, denn  $M$  geht linear in die Berechnung ein. Als Ergebnis dieses Prognosemodells erhält man eine Aussage über die voraussichtliche Gasproduktion einer Deponie innerhalb eines bestimmten Zeitraums.



## 2. Wie lange ist das Deponiegas anwesend, wie setzt sich organische Substanz um (Zeithorizont)?



**„Unendlich“ großer Fermenter - >  
Mülldeponie**

Beispiel für den Verlauf der Gasproduktion einer Hausmülldeponie auf der Basis eines Gasprognosemodells nach Dr. Weber



## 2. Wie lange ist das Deponiegas anwesend, wie setzt sich organische Substanz um (Zeithorizont)?

Das WEBER - Modell unterscheidet sich von dem **alten (ca. bis 2002)** RETTENBERGER - Modell, dessen ungeprüfte Übernahme zu Gasmengen führt, die um den Faktor 2 zu groß waren.

**Im „Leitfaden zur Deponiestillegung“ des ATV/DVWG wird das Rettenberger - Modell vorgestellt. Eine wesentliche Variable ist der TOC von den Einbaumaterialien.**

$$G_t \left[ \frac{m^3}{Mg} \right] = 1,868 \cdot C_{org} \cdot (0,014 \cdot T + 0,28) \cdot (1 - 10^{-kt})$$

$$\frac{G_{WG}}{G_e} = a \cdot 10^{-b(WG_{opt} - WG_{prob.})^2} [\%]$$

Die neue Variable „Wassergehalt“ im Rettenberger Modell liefert bei älteren „abgedeckten“ Deponien genauere Rechenwerte zu den Messergebnissen als das Weber – Model (vergl. DA Antje Schnapke an der TU DD 2006).

Die Eingabemaske (Eingabedaten) des WEBER – Modell finden Sie auf:

[www.das-ib.de](http://www.das-ib.de).

**Wir erstellen eine kostenlose Gasprognose für die TeilnehmerInnen dieser Veranstaltung.**



#### **4. Wie breitet sich das Deponiegas aus, wie ändert sich das mit zunehmender Bebauung?**

Deponiegas „geht“ den Weg des geringsten Widerstandes –

In Abhängigkeit:

- Von Gaswegigkeiten im Boden, ...
  - Von Wind, Luftdruckschwankungen
  - Zusammensetzung des Deponiegases
- 
- ... nichts ist unmöglich ..



## 5. Wie untersucht man das Schwachgas auf den Deponien?





## 5. Wie untersucht man das Schwachgas auf den Deponien?





## 5. Wie untersucht man das Schwachgas auf den Deponien?







## 5. Wie untersucht man das Schwachgas auf den Deponien?





## 5. Wie untersucht man das Schwachgas auf den Deponien?





**6. Welche Sicherungsmaßnahmen gegen die Ausbreitung sind im Gelände möglich und wie muß eine Gasableitung oder Gassperre aussehen?**



HDPE – Folie und Zwangsentgasung



## 7. Welche Maßnahmen gegen Gaseintritt sind am Gebäude möglich, welche Besonderheiten sind bei schlechten Bodenverhältnissen (Bau auf der Deponie) zu beachten?



Abb. 12 Entlüftungssteine und Entlüfter auf einer auf einer Altablagerung [DAS-IB GmbH, 2010]

Windhut und Windentlüfter



Abb. 13 Entlüfter auf einer auf einer Altablagerung [DAS-IB GmbH, 2010]



Abb. 14 Schächte für Revisionsöffnungen Absaugung

Schächte für Revisionsöffnungen Absaugung



## 8. Welche Wartung brauchen Sicherungseinrichtungen?

---

Welche ? Für Was ?

Nichts ist unmöglich ...

Aufwand – Nutzen ....



## 9. Welche Monitormaßnahmen sind sinnvoll? Wie gestaltet man ein Monitorprogramm?

**DAS-IB GmbH**  
DeponieanlagenbauStachowitz  
LFG- & Biogas - Technology  
Ingenieur- und Deponietechnologie

- Beratung, Planung, Projektierung
- Ausführung von Bauarbeiten
- Sachverständigenattest (i.A. § 28a nach Rinstich) und fertige Person für Rinstich und TRGS 1022)

**Mobiler Gasbrunnenpegel®**

Technischer Sitz / Postfach:  
Postfach Nr. 207  
D 24147 Kiel

Kaufmännischer Sitz / Rechnungsschicht:  
Pflaumen Str. 55  
D 24113 Kiel  
[www.das-ib.de](http://www.das-ib.de)

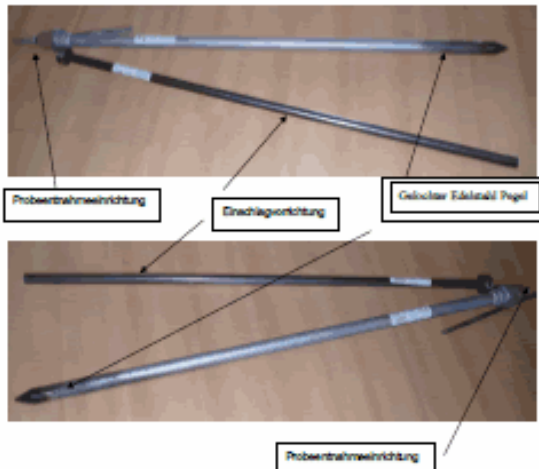
Tel.: +49 (0)1 70 28 34 / 53 44 33 -Gade 8  
Fax: +49 (0)1 70 41 37 / 53 44 33 -7

Vertrieb: SVK Biogas, Füll, BIOCAS

# Mobiler Gasbrunnenpegel

Ihre Vorteile:

Gasmessungen nach Qualität und Quantität an jedem gewünschten Ort durch den flexiblen Einsatz unserer Gasbrunnenpegel.





## 9. Welche Monitormaßnahmen sind sinnvoll? Wie gestaltet man ein Monitorprogramm?



### Meßgeräte:

- Rohgas (High:CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S)
- Personenschutz (UEG / AGW:CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S)
- Durchfluß (F)
- Drücke (p)
- Temperatur (T)
- Rohgasanalysen





## 10. Wie sieht der Arbeitsschutz bei Arbeiten mit der Anwesenheit von Deponiegas aus?



Abb.5 Schneidarbeiten an einer Betonoberfläche auf einer Altablagerung [DAS-IB GmbH, 2009]



Abb.7 Verdichtungsarbeiten im Leitungsgraben auf bzw. In einer Altablagerung [DAS-IB GmbH, 2009]



Abb.6 Baustelle auf einer Altablagerung in einem Gewerbegebiet [DAS-IB GmbH, 2009]

mobiles 4 – Kanal – Personenschutzgerät  
 $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$

**PSA**





## 10. Wie sieht der Arbeitsschutz bei Arbeiten mit der Anwesenheit von Deponiegas aus?



Diese Präsentation darf nicht vervielfältigt werden. Veröffentlichungen und weitere Vervielfältigungen bedürfen der schriftlichen Form durch die Verfasserin. Der Schutzvermerk nach DIN ISO 16016 (Dezember 2007) ist zu beachten. Alle Bilder DAS – IB GmbH

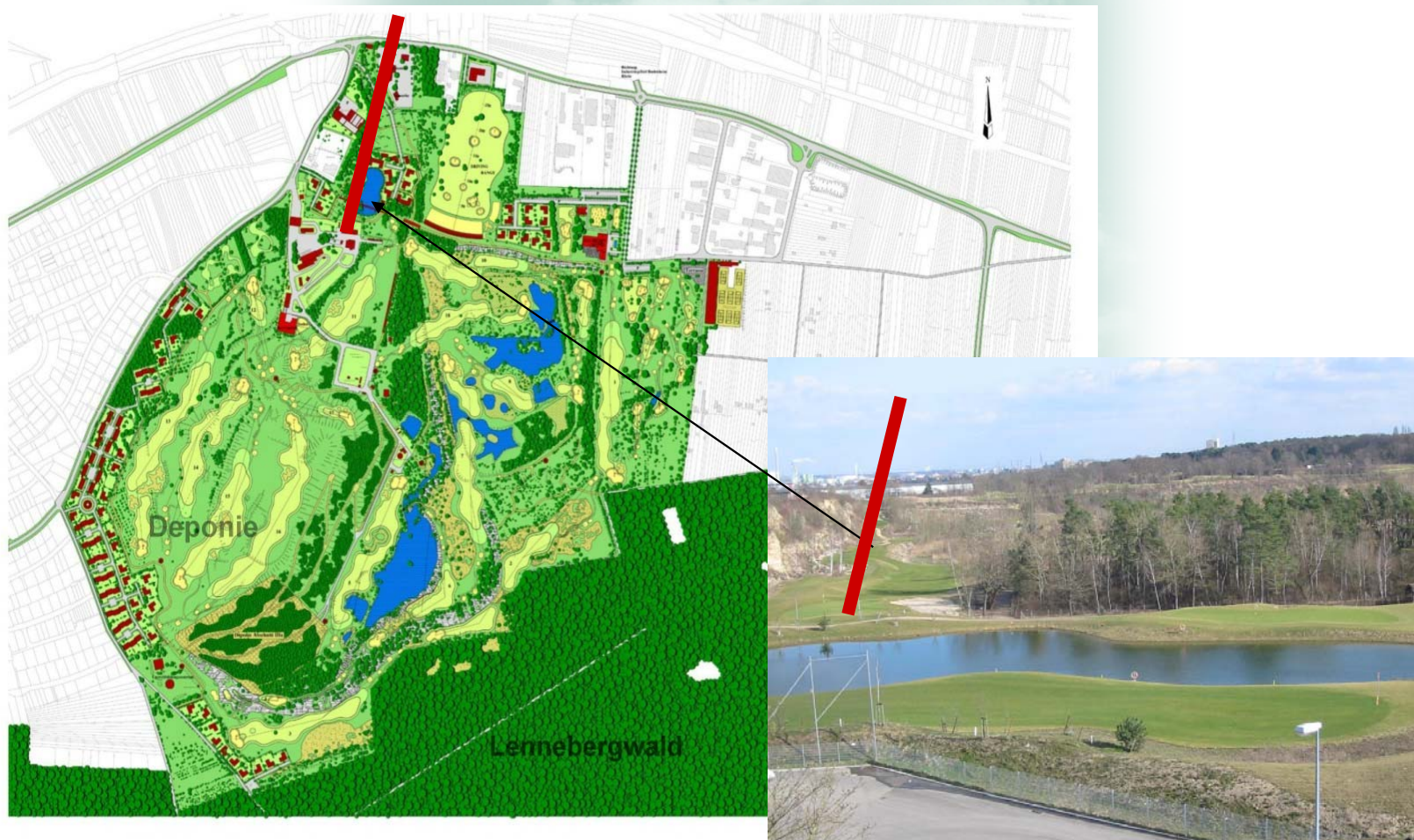
**DAS - IB GmbH**  
**LFG- & Biogas - Technology**

[www.das-ib.de](http://www.das-ib.de)



## Situation der Deponie Budenheim - Ausblick

### Deponieoberfläche zukünftiger Golfplatz



Diese Präsentation darf nicht vervielfältigt werden. Veröffentlichungen und weitere Vervielfältigungen bedürfen der schriftlichen Form durch die Verfasserin. Der Schutzvermerk nach DIN ISO 16016 (Dezember 2007) ist zu beachten. Alle Bilder DAS – IB GmbH

**DAS - IB GmbH**  
**LFG- & Biogas - Technology**

[www.das-ib.de](http://www.das-ib.de)



## Situation der Altlast Buckenhof – Ausblick / Ist



**Deponie Buckenhof –  
noch kein ganzer Spazierwald**





## Situation der Altlast Buckenhof – Ausblick / Ist



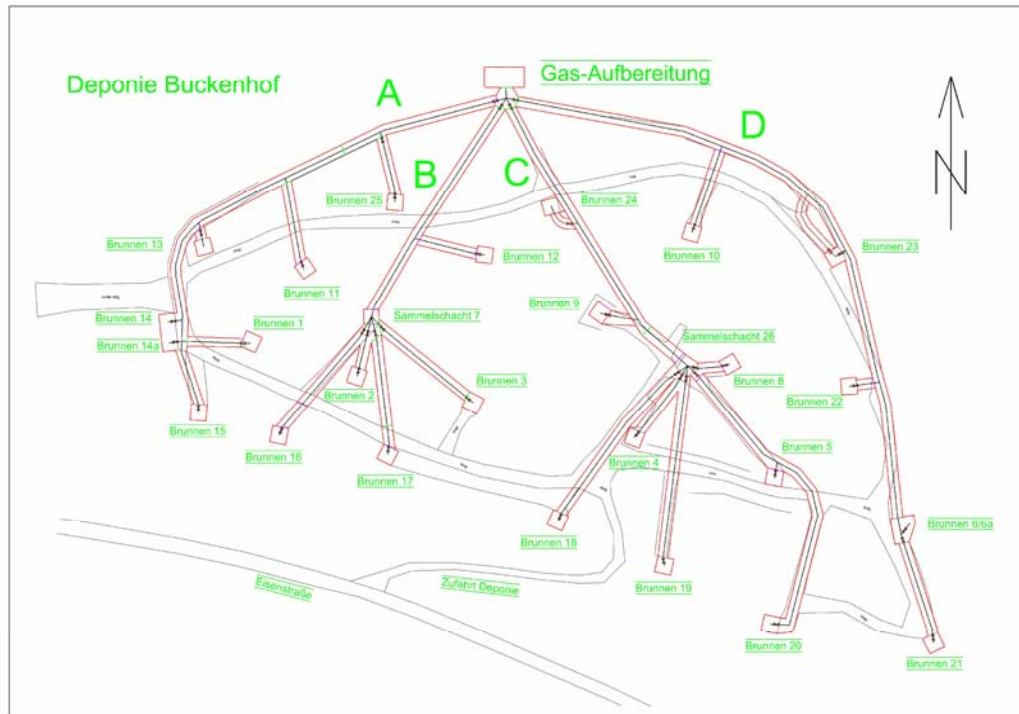
**Gasbrunnen und  
Hochpunktsammler mit:**

- Klappen zum Einregeln
- Messstutzen für  
**Gaskonzentration  
Druck  
Durchfluss**





## Situation der Altlast Buckenhof – Ausblick / Ist



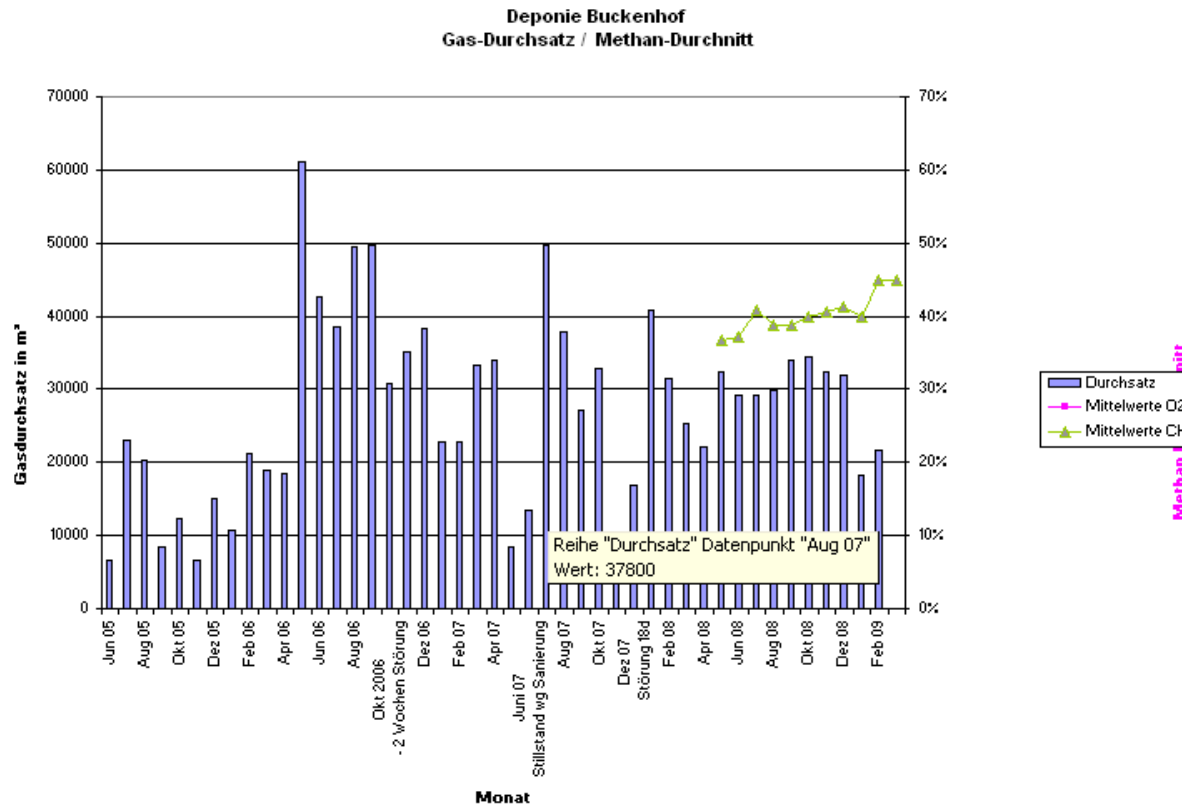
- 4 Sammelstränge aus PE-HD, Da 200
- 24 Deponiegasbrunnen, Tiefe 5 - 17 m
- 2 Hochpunktsammelbalken



## Situation der Altlast Buckenhof – Ausblick / Ist

- Deponie Buckenhof: Randbedingungen bis 3. Q 2007 Zündstrahlmotor (Stachowitz / Entfellner) – Anfang 2008: Mikrogasturbine
- Aktuell: CHC seit Mai 2008 in Betrieb und läuft (VII 2011)

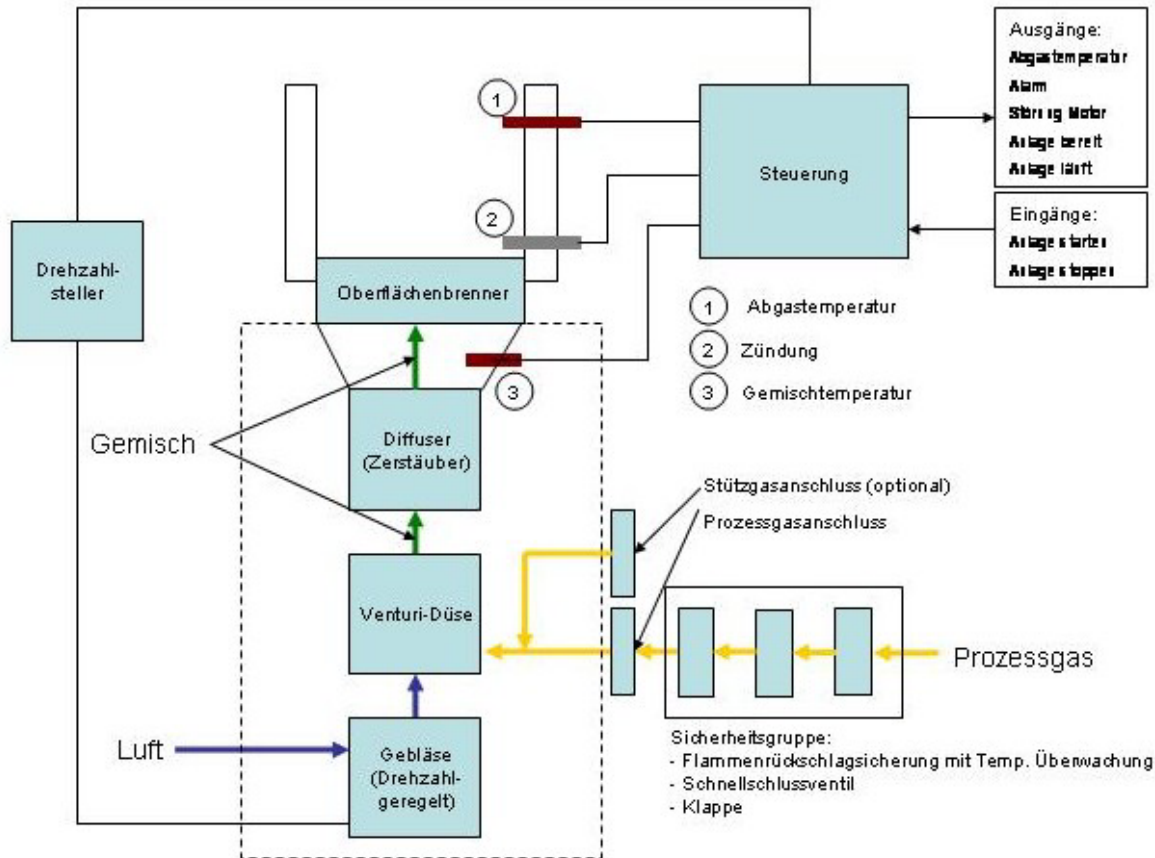
Bildquelle ZVA Erlangen



Eigene Auswertung auf Basis der Daten des ZVA - Erlangen



## Welche Behandlungsverfahren gibt es auf dem Markt?



Referenzanlage Nördlingen

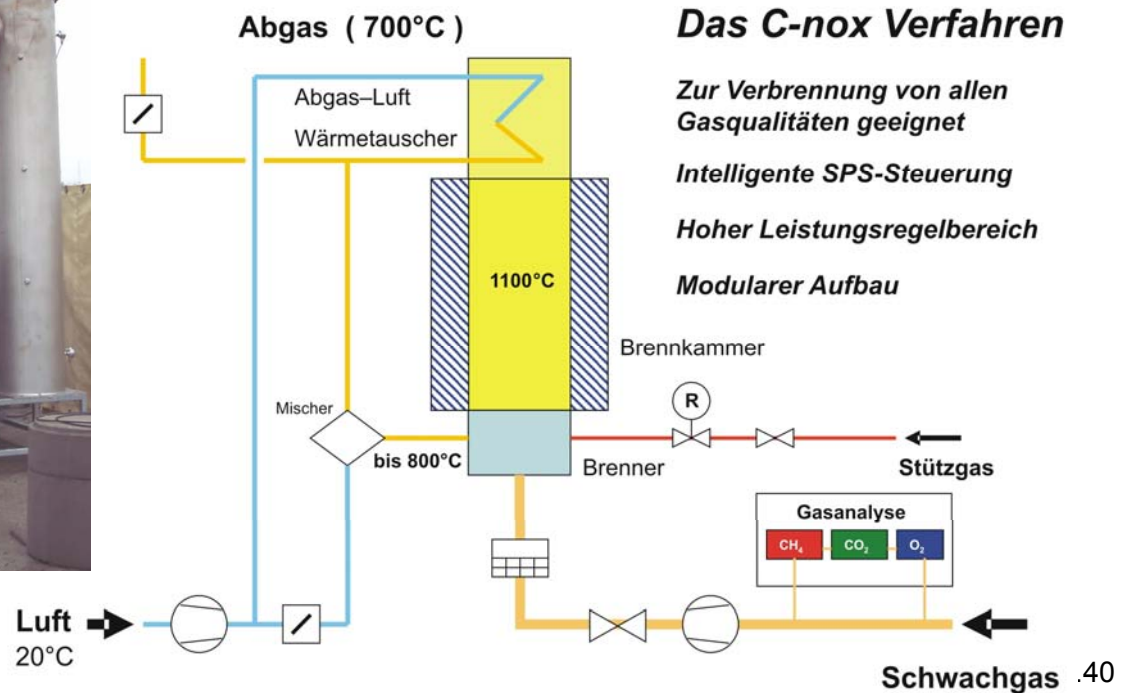


## Welche Behandlungsverfahren gibt es auf dem Markt?

Schwachgasanlage HAASE SG-HT, Deponie Haferteich  
[www.das-ib.de](http://www.das-ib.de)



## Funktionsschema der C-nox Schwachgasfakel



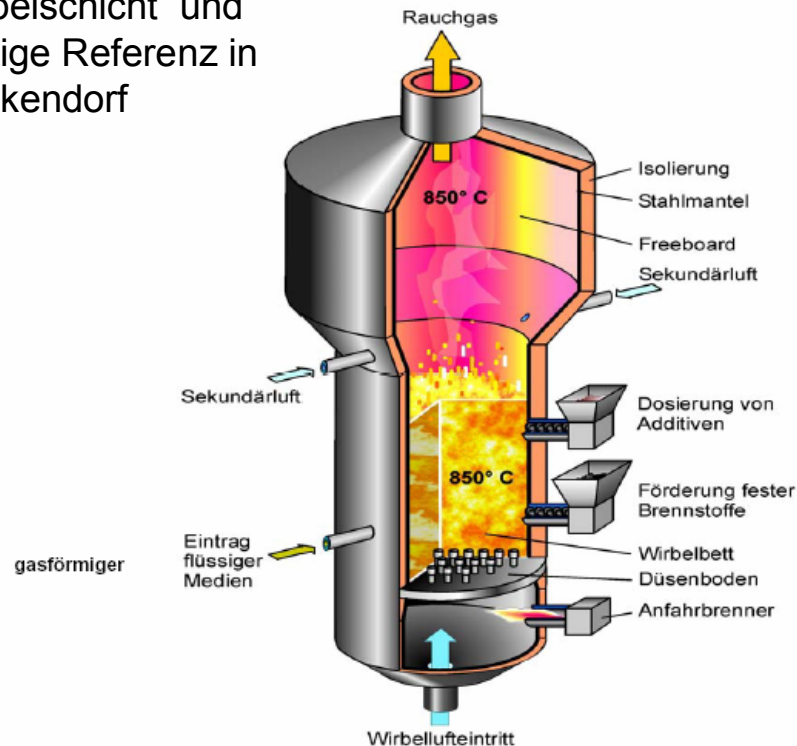
SG-HT-Anlage von HAASE auf der Deponie Haferteich





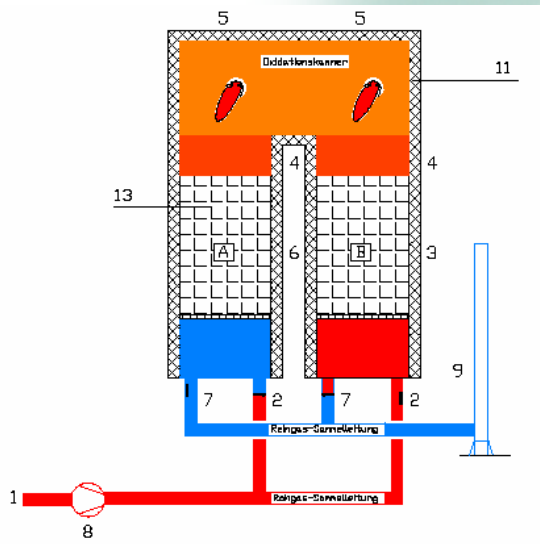
## Welche Behandlungsverfahren gibt es auf dem Markt?

schematischer  
Querschnitt der  
**ES+S** Stationären  
Wirbelschicht und  
einzige Referenz in  
Rönkendorf





## Welche Behandlungsverfahren gibt es auf dem Markt?



- 1 Rohgaseintritt
- 2 Umschaltklappe Rohgaseintritt
- 3 Wärmespeichermasse  
(Oxidationsphase)
- 4 Oxidationskammern
- 5 Elektroerhitzer
- 6 Wärmespeichermasse  
(Energiespeicherung)
- 7 Umschaltklappe Reingasaustritt
- 8 Verdichter
- 9 Kamin
- 10 Innenisolierung
- 11 Isolierung
- 13 Keramikelemente
- A/B Wärmerückgewinnungskammern



Verfahrensschema der Nachverbrennung im **DEPOTHERM®**-Reaktor



## Welche Behandlungsverfahren gibt es auf dem Markt?



Bei der Roediger BioEnergie Schwachgasfackel handelt es sich um einen keramischen Porenbrenner. Nach **Herstellerangaben** können mit einem Regelverhältnis von 1:10, je nach Inertgasanteilen (CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>), Methangehalte ab 15 % verbrannt werden. Das System ist modular aufgebaut und es können alle üblichen Leistungsbereiche bedient werden.

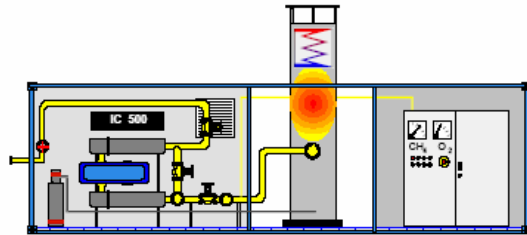
Erster Einsatz: Deponie Würth seit XII 2008



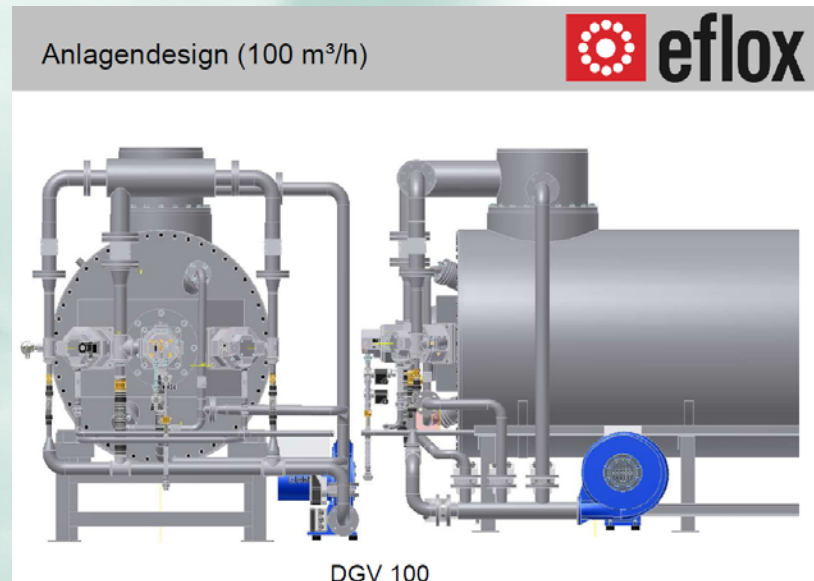
Eigenes Photo II 09



## Welche Behandlungsverfahren gibt es auf dem Markt?



Schematischer Schnitt durch das IC-Modul von **Pro2**



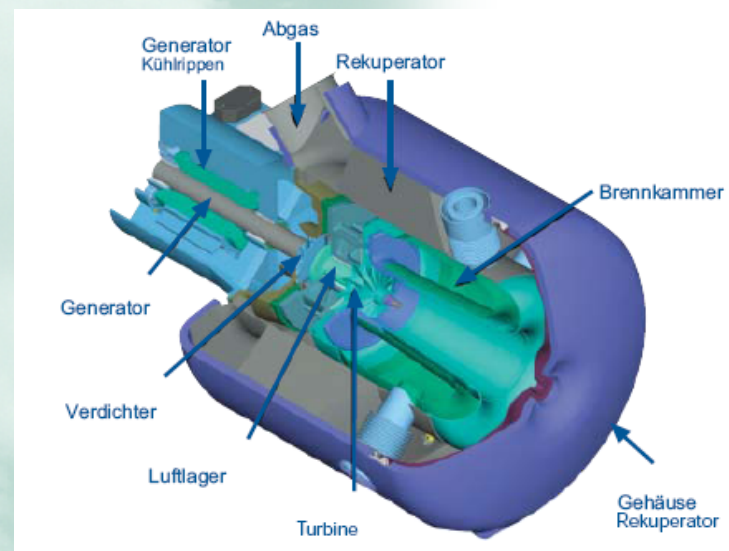
e-flox- Systeme siehe Tagung 2012 in Kiel



## Welche Behandlungsverfahren gibt es auf dem Markt?

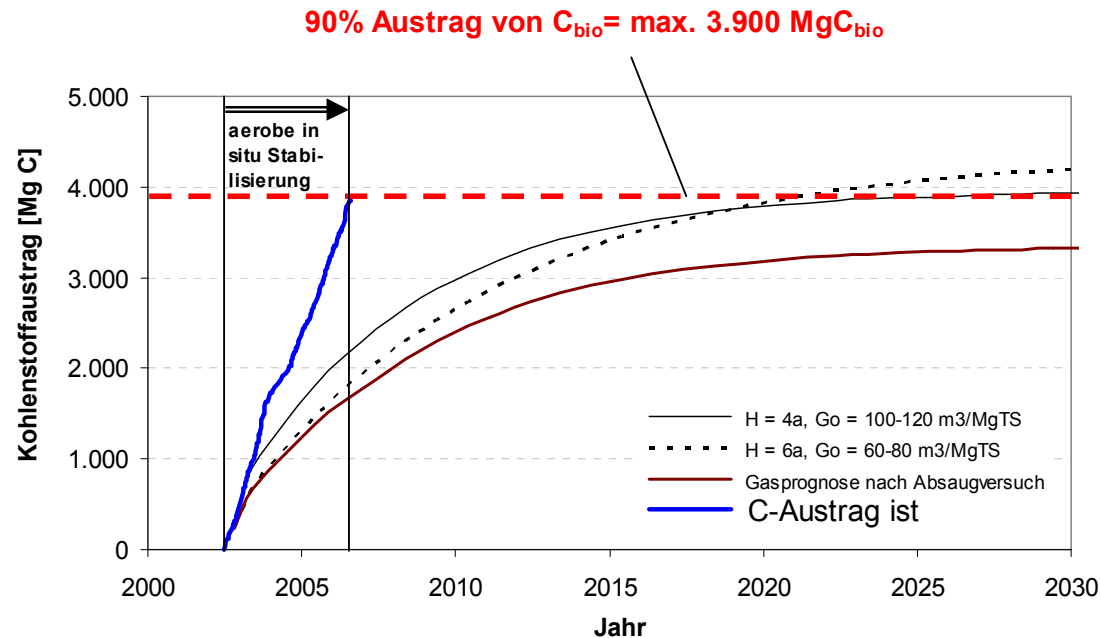


- **Mikrogasturbinen sind Stromaggregate, bei denen Generator, Verdichter und Turbine auf einer schnell laufenden Welle befestigt sind. Diese Welle ist luftgelagert und die Mikrogasturbine benötigt keine Kühlflüssigkeit.**
- **Die Verbrennungsluft tritt über den Generator strömend in die Mikrogasturbine ein, kühlt diesen dabei und wird darauf im Verdichter komprimiert. Im Rekuperator wird sie durch die heißen Abgase vorgewärmt, was den Wirkungsgrad steigert, und in der Brennkammer mit dem Brennstoff gemischt und gezündet. Die heißen Verbrennungsgase werden in der Turbine entspannt und treiben so Verdichter und Generator an. Nachdem die Abgase einen Teil ihrer Wärmeenergie im Rekuperator abgegeben haben, verlassen sie die Mikrogasturbine in Richtung Abgaswärmetauscher bzw. Kamin.**





## Welche Behandlungsverfahren gibt es auf dem Markt?



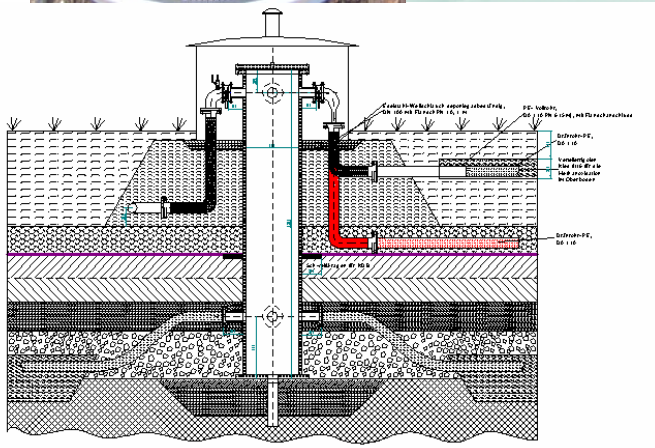
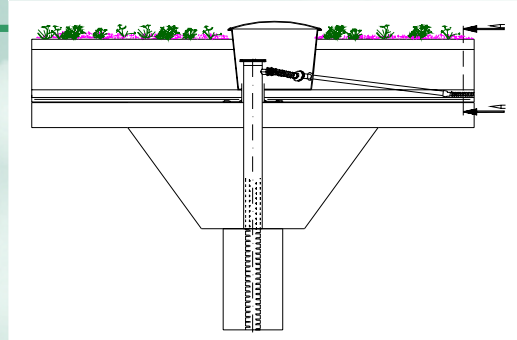
**Bandbreite des über den Gaspfad austragbaren, biologisch umsetzbaren Kohlenstoffs unter anaeroben Milieubedingungen (Gasprognosen), Vergleich mit tatsächlichem Kohlenstoffaustrag (C-Austrag ist) infolge der aeroben in situ Stabilisierung auf der Deponie Milmersdorf im Zeitraum 2002 – 2006;**

Quelle Heyer 2007 – Bio - & Deponiegas – Fachtagung am 16. / 17. April 2007

Diese Präsentation darf nicht vervielfältigt werden. Veröffentlichungen und weitere Vervielfältigungen bedürfen der schriftlichen Form durch die Verfasserin. Der Schutzvermerk nach DIN ISO 16016 (Dezember 2007) ist zu beachten. Alle Bilder DAS – IB GmbH



## Welche Behandlungsverfahren gibt es auf dem Markt?



Rekuschicht als Biofilter oder techn. Biofilter

Bild Quellen oben : Herr Heyer Ifas bzw. Seyfert, SEF

Aus Tagungsbuch DAS – IB, Dessau 2008



## Welche Behandlungsverfahren gibt es auf dem Markt?

- **Deponie Tonnenmoor, Vechta – seit XII 2012 bis aktuell**  
**Rückbau Deponiegasverbrennung im Tonwerk, Übersaugung mit dem Ziel Belüftung**



Rückbau DMF I auf DMF V nach  
ca. 3 Monaten Übersaugung





## Welche Behandlungsverfahren gibt es auf dem Markt?

	20.II.2012 2 15:45	16:15	21.II.2012 9:30	11:20	22.II.2012 11:30
CH <sub>4</sub> (UEG)	8,2	6,4	3,8	3,6	2,7
CO <sub>2</sub> (Vol %)	18	15	10,4	11	8,3
O <sub>2</sub> (Vol %)	1,2	1,5	9	9	10,4
H <sub>2</sub> S (ppm)	23	14	4	4	n.n.
H <sub>2</sub> (Vol %)	0,17	0,1	0,06	0,05	n.n.





## Welche Behandlungsverfahren gibt es auf dem Markt?

### Beispiele Anwendung

#### Abschätzung der Gasemissionen aus der Altablagerung

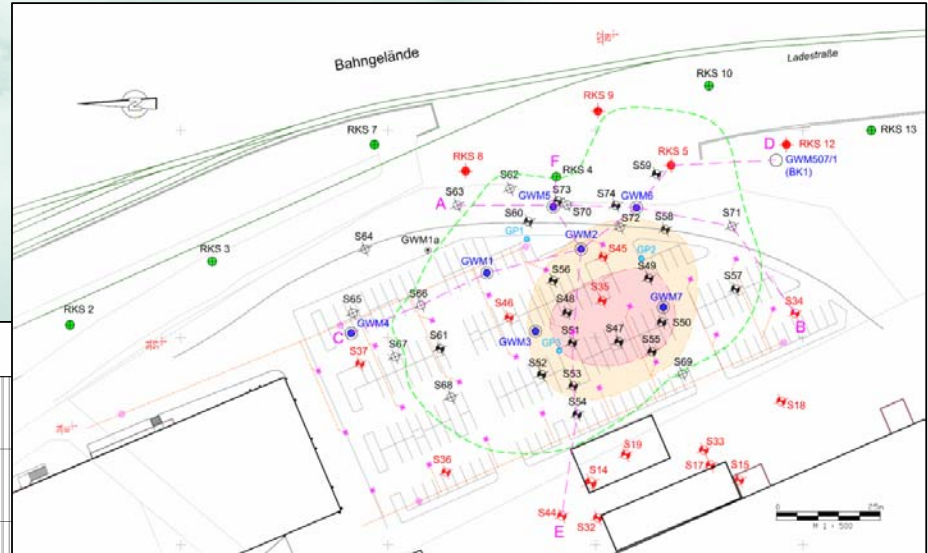
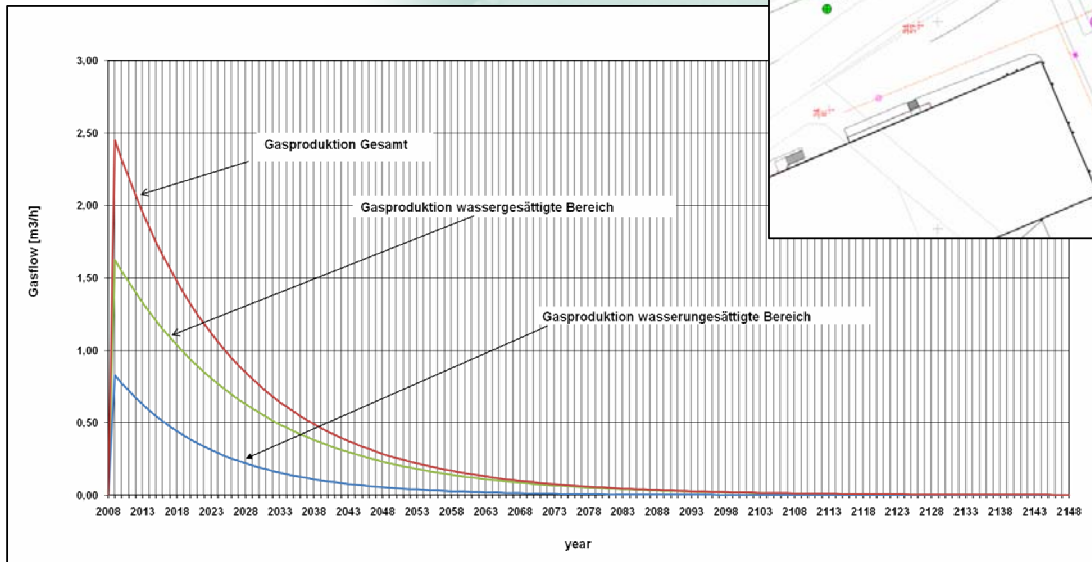


Abb.4 Lageplan Altablagerung [DAS-IB GmbH, 2009]

Abb.3 Gasprognose [DAS-IB GmbH, 2009]



# Ich bedanke mich für Ihre Aufmerksamkeit!

DAS - IB GmbH (Hrsg.)  
LFG- & Biogas - Technology

**Tagungsbuch**  
zur  
Internationalen Bio- und Deponiegas  
Fachtagung und Ausstellung  
in Bayreuth 2014



Synergien nutzen und  
**20**  **14**  
voneinander lernen VIII

Bayreuth 20. / 21. Mai 2014

**DAS - IB GmbH (Hrsg.)**  
Biogas- & LFG -Technology  
Biogas- & LFG- und Deponiegastechnologie:  
-Beratung, Planung, Projektierung  
-Schulung von Betriebspersonal  
-Sachverständige Gutachter



**Biogas- und Deponiegashandbuch**  
Inkl. der Sicherheitsregel für Biogasanlagen  
(Fermentationsanlagen, Stand X 2012) auf Basis der  
BetrSichV zur Schadenvermeidung sowie mit den  
Unterlagen aus unseren Lehrgängen & Seminaren



**Stand IV 2014**

**Tagungsbücher mit weiteren Vorträgen u.a. zu Schwachgaskonzepten zw. 44 – 77 €  
incl. Umsatzsteuer und Versand über DAS – IB GmbH**

Diese Präsentation darf nicht vervielfältigt werden. Veröffentlichungen und weitere Vervielfältigungen bedürfen der schriftlichen Form durch die Verfasserin. Der Schutzvermerk nach DIN ISO 16016 (Dezember 2007) ist zu beachten. Alle Bilder DAS – IB GmbH

# Noch Fragen?



Wissen ist, wenn man weiß, wo es steht:

[www.das-ib.de](http://www.das-ib.de)

oder auf unseren Seminaren & Inhouseveranstaltungen

**DAS - IB GmbH**  
**LFG- & Biogas - Technology**

[www.das-ib.de](http://www.das-ib.de)



Klicken Sie auf "Signieren" um einer PDF-Datei Text und Unterschriften hinzuzufügen.

## Individuelle Tages

- 8.X. Schwerin (nur Biogas)
- 18.XI. Gelsenkirchen/AU Schalke (nur Biogas)
- 25.XI. Karlsruhe (nur Deponiegas)
- 26.XI. Karlsruhe (nur Biogas)
- 9.XII. Hannover (nur Deponiegas)

Alle Biogasseminare mit optionaler Prüfung zum „Biogassicherheitsführerschein“

### 2015

- 14.I. München (nur Biogas)
- 27.I. Bremen (nur Biogas)
- 10.II. Chemnitz (nur Biogas)

Alle Biogasseminare mit optionaler Prüfung zum „Biogassicherheitsführerschein“

oder Ihre persönliche Inhouseschulung !

Sie legen die Schwerpunkte aus folgenden Bereichen fest:

BetrSichV, StörfallIV, GefStoffV, TRBS'en

Sicherheitsregeln:

BGR, TI4, DAS-IB, SVK, u. v. m.

Grundlagen Bio- u. Deponiegas-

Technologie, Arbeitsschutz,

Personenschutz, „ATEX“,

Explosionsschutzdokument,

Gefährdungsbeurteilung

Risikoanalyse, CE,

Konformitätsbescheinigungen,

StdT, StdSiT,

u. v. m.

Wir sind Mitglied in:

